

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 813 074

(21) N° d'enregistrement national : 00 10770

(51) Int Cl⁷ : C 04 B 28/00, E 04 C 2/06 // (C 04 B 28/00, 20:00,
24:24) C 04 B 103:32

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 21.08.00.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : LAFARGE Société anonyme — FR.

(43) Date de mise à la disposition du public de la
demande : 22.02.02 Bulletin 02/08.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : Se reporter à la fin du
présent fascicule

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(72) Inventeur(s) : MOERSCH JORG et CASABONNE
MASONNAVE JEAN MICHEL.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : CABINET HARLE ET PHELIP.

(54) BETON A BASE DE LIANT HYDRAULIQUE POUR LA REALISATION DE PREFABRIQUES, TUILES, PLAQUES
ET SIMILAIRES.

(57) Béton obtenu par mélange avec de l'eau d'une composition comprenant:
a) un ciment,
b) des éléments ultrafins à réaction pouzzolanique, c)
des éléments granulaires,
d) des additions cimentaires,
e) une quantité d'eau E ajoutée dans le mélange,
f) un agent dispersant,
dont les teneurs des constituants (a), (b) (c) et (d), exprimées en volume, satisfont aux relations suivantes:
ratio 1: $0,50 \leq [(a)+(b)+(d)]/(c) \leq 1,10$
ratio 2: $0,40 \leq [(b)+(d)]/(a) \leq 0,80$
ratio 3: $0,10 \leq (b)/(a) \leq 0,30$
et que l'on ait un rapport pondéral eau/ciment E/C \leq à 0,30.

FR 2 813 074 - A1



La présente invention a trait à un béton, et plus particulièrement à un béton à haute performance pour la réalisation de préfabriqués, tuiles, plaques ou similaires, coulés ou extrudés et moulés en continu, dont la composition comprend 5 un liant hydraulique tel que du ciment, de préférence du ciment Portland à haute teneur en silice, et dont les performances sont améliorées par rapport à celles des bétons de l'art antérieur, notamment en ce qui concerne l'ouvrabilité et les résistances mécaniques, en flexion et en compression.

10 Le terme "béton" utilisé ci-dessus englobe de manière générale indifféremment les bétons, mortiers ou coulis, dont il sera fait état par la suite dans le texte.

Généralement, les produits de la construction en béton comprenant un liant hydraulique de type ciment Portland ou 15 similaire pour toitures, revêtements de murs de façades, ou sols, nécessitent des résistances mécaniques à la flexion (R_f) à 28 jours de l'ordre de 6 à 8 MPa. Dans ce cas, les épaisseurs des tuiles ou des plaques correspondantes sont généralement supérieures à 15 mm, si l'on utilise des bétons ordinaires. Ceci 20 entraîne, pour une surface donnée, des tuiles ou des plaques relativement lourdes.

Si, comme c'est la tendance aujourd'hui, on veut avoir à la fois des préfabriqués de faible épaisseur (moins de 15 mm) et de grandes surfaces (par exemple 5 tuiles au m^2), il faut disposer de 25 bétons à haute performance et il faut alors avoir des résistances mécaniques à la flexion R_f à 28 jours, d'au moins 15 MPa.

L'art antérieur propose déjà plusieurs types de solutions pour atteindre cet objectif:

- soit des bétons à haute teneur volumique en fibres de renforcement, typiquement supérieure à 5%,
- soit des bétons à très haute performance avec des teneurs volumiques en fibres plus faibles, mais avec des squelettes granulaires particulièrement étudiés et permettant d'accroître la compacité du béton à l'état sec tout en visant la diminution des 35 défauts de structure,

- soit des bétons renforcés au moyen de polymères compatibles avec le liant hydraulique.

Les panneaux en ciment fibrés à haute teneur volumique en fibres, dérivés des technologies de l'amiante - ciment dont 5 l'amiante a été remplacée par des fibres cellulosiques ou organiques - sont bien connus des professionnels. Ces techniques peuvent conduire à des préfabriqués de faible épaisseur. Toutefois la qualité de la surface et la stabilité dimensionnelle de ces produits ne sont pas très satisfaisantes pour un usage sous 10 forme de tuiles, de plaques pour toitures ou de panneaux de façade.

Il existe également d'autres solutions de bétons à très haute performance à faible teneur en fibres. Ceux-ci sont à compacité élevée (supérieure à 80%), et l'on utilise notamment des teneurs 15 relativement élevées en grains ultrafins inférieurs à 1 µm, comme par exemple des fumées de silice. On aboutit, pour l'obtention des résistances à la flexion R_f souhaitées, c'est-à-dire $R_f = 20 \text{ MPa}$, généralement à des teneurs en fumées de silice élevées, typiquement supérieures à 20% en poids de la composition de 20 béton à l'état sec.

Des brevets tels que EP-10777, ou WO-99/28267 et WO-99/58468 proposent des solutions de bétons à haute performance comportant également des fibres et des fumées de silice. Toutefois ces solutions ne conviennent pas pour la fabrication des 25 tuiles ou plaques car elles conduisent à des coûts prohibitifs.

La demanderesse avait également dans le passé mis au point des compositions de béton pour tuiles peu compactes, et sans éléments ultrafins tels que les fumées de silice très coûteuses, mais en utilisant un renforcement au moyen de fibres 30 organiques, avec une teneur en volume modérée dans le béton (voir brevet EP-347092). Cette solution, du fait de la présence des fibres de renforcement s'est avérée difficile à industrialiser et commercialiser.

Aussi, tout en cherchant à formuler des bétons avec pas ou 35 peu de fibres, c'est-à-dire une teneur inférieure à 1% en volume,

préférentiellement inférieure à 0,5% en volume, la demanderesse a dû se résoudre, après de nombreux essais, à abandonner les concepts de formulation de squelettes granulaires basés sur l'art antérieur et a dû s'orienter vers une composition différente,
5 adaptée aux contraintes techniques et économiques de la préfabrication de tuiles ou de plaques en béton.

La présente invention a donc pour objet de fournir un béton, et en particulier un béton ne comportant pas, ou le cas échéant peu, de fibres de renfort pour la fabrication de préfabriqués,
10 tuiles, plaques ou similaires, remédiant aux inconvénients des bétons de l'art antérieur.

La présente invention a encore pour objet de fournir un béton, en particulier pour la fabrication de tuiles, plaques et similaires qui présente, après durcissement, des propriétés
15 mécaniques améliorées, telles que la résistance à la flexion supérieure à 15 MPa à 28 jours.

Dans la suite du texte, on entend par taille de grain D75 et D50, respectivement les tailles des tamis dont le passant constitue respectivement 75% et 50% du volume total des grains correspondants.
20

Les buts de la présente invention sont atteints en réalisant un béton pour la fabrication de tuiles, plaques et similaires obtenu par mélange avec de l'eau d'une composition de constituants solides comprenant:

- 25 a) un ciment dont les particules ont une taille de grain D50 de 10 µm à 20 µm,
b) des éléments ultrafins à réaction pouzzolanique ayant une taille de particule élémentaire d'au plus 1 µm,
c) des éléments granulaires ayant une taille de grain D75 d'au
30 plus 2 mm, de préférence d'au plus 1 mm,
d) des additions cimentaires ayant une taille de grain D50 inférieure ou égale à 10 µm,
e) une quantité d'eau E ajoutée dans le mélange,

- f) un agent dispersant, de préférence un superplastifiant, par exemple choisi parmi les phosphonates polyoxyéthylènes, les polycarboxylates polyox, et leurs mélanges,
- g) éventuellement un accélérateur de prise et/ou de durcissement
- 5 caractérisé en ce que les teneurs des constituants (a), (b), (c), (d) exprimées en volume, satisfont aux relations suivantes :
- ratio 1: $0,50 \leq [(a)+(b)+(d)] / (c) \leq 1,10$ ratio 2: $0,40 \leq [(b)+(d)] / (a) \leq 0,80$
- ratio 3: $0,10 \leq (b) / (a) \leq 0,30$
- 10 et que l'on ait un rapport pondéral eau/ciment E/C $\leq 0,30$. De préférence, les teneurs des constituants (a), (b), (c), (d) exprimées en volume, satisfont aux relations suivantes :
- ratio 1: $0,60 \leq [(a)+(b)+(d)] / (c) \leq 1,00$ ratio 2: $0,42 \leq [(b)+(d)] / (a) \leq 0,76$
- 15 ratio 3: $0,10 \leq (b) / (a) \leq 0,28$

Le ciment (a) de la composition selon l'invention est avantageusement un ciment Portland tel que les ciments Portland CPA PMES, HP, HPR, CEM 1 PMES, 52,5 ou 52,5R ou HTS (à haute teneur en silice). De préférence, le ciment de la composition 20 selon l'invention est un ciment Portland HTS, ledit ciment comprenant au moins 20% de silice combinée. Le ciment peut également être un ciment à base d'aluminates de calcium, ou tout liant hydraulique à base de laitiers de haut fourneau, ou encore tout liant hydraulique à base de mélanges de ces ciments et/ou laitiers.

Les éléments ultrafins à réaction pouzzolanique (b) sont connus dans la technique. Ils sont généralement choisis parmi les fumées de silice.

30 Les éléments granulaires (c) peuvent être tous éléments granulaires classiquement utilisés pour la fabrication des bétons. Ils comprennent des sables ou des mélanges de sables, tamisés ou broyés.

Les additions cimentaires (d) comprennent des cendres volantes et/ou des fillers calcaires, et/ou des laitiers et/ou des

sables siliceux, en particulier de la farine de quartz ou des calcaires fins broyés.

Dans un mode de réalisation préférée, les particules de ciment (a) ont une taille de grain D50 de l'ordre de 15 µm, les éléments ultrafins à réaction pouzzolanique (b) ont une taille de particule D75 d'au plus 0,5 µm, les éléments granulaires (c) ont une taille de grain D75 d'au plus 400 µm, les additions cimentaires (d) ont une taille de grain D50 inférieure ou égale à 10 µm.

La composition selon l'invention peut comprendre également un agent dispersant, de préférence un superplastifiant, présent dans une proportion de 2 à 10%, et de préférence de l'ordre de 2 à 5%, par rapport au poids de ciment sec.

Les superplastifiants sont des constituants classiques des bétons qui ont pour objet d'améliorer la rhéologie initiale du béton. Parmi ces superplastifiants, on recommandera particulièrement les phosphonates polyoxyéthylénés POE, les polycarboxylates polyox PCP, et leurs mélanges. Ces superplastifiants sont des produits disponibles dans le commerce; à titre d'exemple, on peut citer les produits OPTIMA 100® et OPTIMA 175® commercialisés par la Société CHRYSO.

Les bétons selon l'invention peuvent également comporter divers additifs, tels que notamment des pigments de coloration, des agents dispersants, des agents antimousses, des agents antiressuage, des agents antisédimentation, des agents accélérateurs ou des émulsions aqueuses de produits organiques, bien connus de l'homme du métier. En particulier, pour les procédés usuels de fabrication industrielle de tuiles ou plaques en béton, il est nécessaire d'avoir des résistances minimales en flexion, à 6 heures, supérieures à 5 MPa. Dans ce cas, il convient d'accélérer la prise et le durcissement du béton au moyen d'accélérateurs sans que cet ajout n'entraîne des perturbations au niveau de la rhéologie, et donc de l'ouvabilité.

Les bétons selon l'invention peuvent éventuellement comporter des éléments de renforts de forme anisotrope, destinés

à améliorer la ténacité du béton, de dimension d'au plus 2 mm. En général, les renforts de la composition selon l'invention se présentent sous une forme aciculaire ou sous forme de plaquettes.

5 De manière avantageuse, les éléments de renfort aciculaire sont choisis parmi:

- les fibres de wollastonite, les fibres de bauxite, les fibres de mullite, les fibres de titanate de potassium, les fibres de carbure de silicium, les fibres de cellulose ou dérivés, les fibres de carbone, les fibres de phosphate de calcium, les fibres de verre (alcali-résistantes) ou les produits dérivés obtenus par broyage des fibres de verre et les mélanges de ces fibres,
- 10 • des fibres courtes (longueur d'au plus 2 mm, de préférence d'au plus 1 mm) d'alcool polyvinyle, de polyacrylonitrile, de polyéthylène haute densité, de polyamide, d'aramide ou de polypropylène pouvant être également présentes ainsi que des matériaux tels que la laine d'acier.
- 15

Les renforts sous forme de plaquettes peuvent être choisis parmi les plaquettes de mica, les plaquettes de talc, les plaquettes de silicates mixtes (argiles), les plaquettes de vermiculite, les plaquettes d'alumine.

20 Les éléments de renfort de forme aciculaire conviennent tout particulièrement. Ils ont une taille moyenne d'au plus 1 mm. Dans la composition de béton selon l'invention, ils sont présents dans une proportion massique comprise entre 0 et 30% par rapport au poids du ciment. De préférence, les éléments aciculaires de renfort sont des fibres de wollastonite, comme par exemple la NYAD G. de la société NYCO.

25 Les bétons obtenus selon la présente invention présentent une résistance à la flexion sur prismes 4cm x 4cm x 16cm de 15 à 25 MPa, de préférence de 20 à 25 MPa à 28 jours.

Pour obtenir de telles caractéristiques mécaniques, le rapport massique eau/ciment (E/C) doit être inférieur ou égal à 0,30, et de préférence, pour un procédé de mise en oeuvre par coulage, maintenu dans une gamme déterminée:

$$0,25 \leq E/C \leq 0,30$$

Ce rapport variera dans cette gamme en fonction de la nature et des proportions des éléments ultrafins à réaction pouzzolanique et de la présence ou non d'éléments de renfort aciculaires: le rapport massique E/C diminue lorsque la teneur en éléments fins à réaction pouzzolanique augmente. Ainsi, ce rapport est de préférence compris entre 0,25 et 0,27 lorsque le béton selon l'invention ne comprend pas d'éléments de renfort aciculaires, et il est compris entre 0,27 et 0,30 lorsque le béton selon l'invention comprend des éléments de renfort aciculaires. Dans le cas d'un procédé de mise en oeuvre par calandrage, extrusion ou pressage, ce rapport E/C peut diminuer au-dessous de 0,2.

Les bétons selon l'invention peuvent être soumis, après mûrissement, à une phase de maturation à une température pouvant varier de 20 à 90°C, dans une ambiance à humidité relative $\geq 90\%$.

Les exemples suivants illustrent l'invention sans toutefois en limiter la portée.

20 Préparation des échantillons

1) Matières premières

Pour que les comparaisons effectuées aient leur pleine signification, les mêmes constituants indiqués ci-après ont été mis en oeuvre pour l'ensemble des exemples.

- 25 • ciment: ciment Portland à haute teneur en silice, type HTS (LAFARGE CIMENTS FRANCE)
- éléments granulaires :
- sable: sable de quartz BE 31 de la Société SIFRACO France
- additions cimentaires :
- filer: farine de quartz, qualité C400 de la Société SIFRACO France
- calcaire DURCAL 2 de la Société OMYA
- éléments ultrafins à réaction pouzzolanique:
- fumées de silice: microsilice vitreuse ELKEM 940U
- 35 • adjuvants superplastifiants:

- mélange de phosphonate polyoxyéthyléné (POE) et de polycarboxylique polyox (PCP), OPTIMA 175® de la Société CHRYSO, FRANCE,
- adjuvant accélérateur :
- 5 - à base de chlorure de calcium, tel le CHRYSOXEL C4® de la société CHRYSO, France.

10 **2) Mode de préparation** Dans les exemples, le mode opératoire pour la fabrication des éprouvettes d'essai a consisté à utiliser un malaxeur EIRICH, de type RO2F. Les échantillons sont préparés classiquement selon toute méthode connue de l'homme du métier, notamment par gâchage des constituants solides, mise en place dans le moule, puis durcissement dans des conditions de mûrissement déterminées.

15 Au cours de l'étape de préparation du mortier, les constituants sont malaxés dans l'ordre suivant:

- malaxage des constituants pulvérulents de la matrice pendant 4 minutes,
- introduction de l'eau et d'une partie des adjuvants (tels que les pigments, les superplastifiants ou agents dispersants, les agents 20 anti-mousses) pendant environ 30 secondes,
- malaxage du béton pendant une minute,
- introduction de la fraction restante des adjuvants,
- malaxage du béton pendant 3 minutes,
- introduction des fibres de renfort (le cas échéant),
- 25 - malaxage.

Les moules sont alors remplis, puis vibrés selon les procédures usuelles.

3) Maturation

30 Pour les essais, les éprouvettes ont été soumises à un traitement de maturation à 20°C, comme suit :

- les éprouvettes, après mûrissement à 20°C, sont démoulées et stockées dans une ambiance à 20°C avec 100% d'humidité relative HR pendant au moins deux jours,
- tout en les conservant dans cette ambiance, l'évaluation des performances mécaniques est réalisée à échéance de 28 jours.

Dans le cas du mélange 6 qui comporte l'accélérateur CHRYSOXEL C4, la résistance mécanique en flexion est également mesurée à l'échéance de 6 heures.

Le mûrissement consiste à stocker l'échantillon dans son moule, 5 sous eau à 20°C, pendant 2 jours.

Méthodes de mesure

1) Mesure de l'étalement sur table vibrante

Le principe de la mesure consiste à mesurer le diamètre de la galette de béton formée après que le béton, soumis à vibration, 10 se soit étalé sous sa propre masse. La méthode de mesure utilisée est une variante de la norme ASTM C 230-97, dans laquelle la table d'acier subit une vibration de fréquence 50 Hz et d'amplitude 0,75 mm pendant 1 minute.

15 2) Mesure des résistances mécaniques en flexion et en compression

Le principe de la mesure consiste à déterminer les valeurs de résistances à la flexion et à la compression d'éprouvettes de forme prismatique et de dimensions 40 mm x 40 mm x 160 mm.

Ces éprouvettes sont réalisées à partir d'une gâchée de 20 mortier plastique, dont la composition est l'une des compositions définies pour les mélanges 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Il s'agit d'une application des méthodes de mesure normalisées:

- de la résistance à la compression suivant la norme française NF P18-400, et la norme européenne EN 196-1.
- de la résistance à la flexion selon la norme EN 196-1, les seules différences entre les méthodes de mesure utilisées et ces méthodes normalisées (NF P18-400 et EN 196-1) résidant dans la préparation du mortier, en terme de composition, dosage 30 et malaxage.

EXEMPLES COMPARATIFS

On a préparé divers mortiers de sable siliceux, désignés dans la suite du texte par les mélanges 1 à 7.

Dans le tableau 1, figurent les compositions. Dans le tableau 35 2 figurent les résultats des mesures.

TABLEAU 1 : Compositions

	Mélange comparatif 1	Mélange 2	Mélange 3	Mélange 4	Mélange 5	Mélange 6	Mélange comparatif 7
Ciment HTS Densité : 3,15 g/cm ³	1	1	1	1	1	1	1
Fumée de silice Elken 940U Densité : 2,25 g/cm ³	0.05	0.091	0.105	0.179	0.2	0.081	0.325
Filler C400 (quartz) Densité : 2,65 g/cm ³	0.29			0.32	0.4		0.3
Durcal 2 (calcaire) Densité : 2,7 g/cm ³		0.44	0.464			0.264	
Sable BE31 Densité : 2,65 g/cm ³	2.48	2.71	2.14	1.3	2.4	1.2	1.455
Superplastifiant Optima 175	0.05	0.025	0.025	0.05	0.05	0.025	0.05
E/C	0.25	0.25	0.25	0.215	0.259	0.25	0.25
Ratio 1*	0.48	0.51	0.66	1.06	0.62	1	1.05
Ratio 2*	0.41	0.64	0.69	0.63	0.76	0.42	0.81
Ratio 3*	0.07	0.13	0.15	0.25	0.28	0.11	0.46

TABLEAU 2 : Résultats

	Mélange comparatif 1	Mélange 2	Mélange 3	Mélange 4	Mélange 5	Mélange 6	Mélange comparatif 7
Etalement avec vibration en min	235	195	245	275	260	305	275
Résistance en flexion en MPa après 28 jours	14.4	15.5	17.0	19.6	19.9	23.45	20.9
Résistance en flexion en MPa après 6 heures avec : 0.044 g Chrysoxel C4/g ciments	-	-	-	-	-	9.7	-
Résistance en compression en MPa après 28 jours	99.1	95.0	106.5	123.0	127.1	129.3	132.5
Résistance en compression en MPa après 6 heures avec : 0.044 g Chrysoxel C4/g ciments	-	-	-	-	-	83.2	-
Indices de coût comparatifs	56	50	56	87	78	67	100 **

* : Les ratios 1, 2, 3 sont obtenus à partir des proportions des constituants exprimées en volume, tels que précédemment définis.

** : Les indices de coût ont été déterminés en affectant l'indice 5 100 au mélange 7 qui a le coût matière le plus élevé en valeur absolue et en déterminant les autres coûts par rapport à cet indice.

L'invention vise des bétons permettant de réaliser des pièces de faible épaisseur (\leq à 15 mm) ayant une valeur de 10 résistance à la flexion R_f à 28 jours, telle que : $R_f \geq 15 \text{ MPa}$

L'obtention d'une valeur $R_f \geq 20 \text{ MPa}$ au niveau industriel permet de garantir le minima de 15 MPa.

Le mélange comparatif 1 est une composition à faible teneur en fumée de silice dans laquelle les proportions des constituants 15 ne satisfont pas aux ratios 1, 2 et 3. La résistance à la flexion minimale n'est pas obtenue.

Le mélange comparatif 7 est une composition à haute teneur en fumée de silice dans laquelle les proportions de constituants ne satisfont pas aux ratios 1, 2 et 3. La résistance en flexion est 20 bonne, mais la teneur très élevée en éléments ultrafins à réaction pouzzolanique font que cette composition n'est pas adaptée aux contraintes économiques de la préfabrication de tuiles ou plaques en béton.

Les mélanges 2, 3, 4, 5, 6 sont des compositions selon 25 l'invention exemptes de fibres de renfort. Elles correspondent toutes aux critères retenus de résistance à la flexion.

Mélanges 2 et 3 : les étalements sont faibles ; ces mélanges conviendraient mieux à des procédés d'extrusion, calandrage ou pressage.

30 Mélanges 4, 5 et 6 : ils satisfont à l'ensemble des critères technico-économiques requis, en particulier le mélange 6 qui correspond au mélange préférentiel le plus performant. Ces mélanges peuvent être utilisés en fonction de la teneur en eau, pour plusieurs types de mise en œuvre, coulage, extrusion, etc.

Dans l'exemple 6, on note que l'ajout de l'accélérateur CHRYSOXEL C4 permet d'obtenir un béton ayant à la fois un étalement très élevé et des performances mécaniques en flexion de 9,7 MPa, à 20°C, au bout de 6 heures, compatible avec les 5 exigences de certains procédés de préfabrication.

REVENDICATIONS

1. Béton obtenu par mélange avec de l'eau d'une composition comprenant:
 - a) un ciment dont les particules ont une taille de grain D50 de 10 µm à 20 µm,
 - b) des éléments ultrafins à réaction pouzzolanique ayant une taille de particule élémentaire d'au plus 1 µm,
 - c) des éléments granulaires ayant une taille de grain D75 d'au plus 2 mm, de préférence d'au plus 1 mm,
 - d) des additions cimentaires ayant une taille de grain D50 inférieure ou égale à 10 µm,
 - e) une quantité d'eau E ajoutée dans le mélange,
 - f) un agent dispersant,caractérisé en ce que les teneurs des constituants (a), (b) (c) et (d), exprimées en volume, satisfont aux relations suivantes :
ratio 1: $0,50 \leq [(a)+(b)+(d)] / (c) \leq 1,10$
ratio 2: $0,40 \leq [(b)+(d)] / (a) \leq 0,80$
ratio 3: $0,10 \leq (b) / (a) \leq 0,30$
et que l'on ait un rapport pondéral eau/ciment E/C \leq à 0,30,
 - 20 2. Béton selon la revendication 1, caractérisé en ce que les teneurs des constituants (a), (b) (c) et (d), exprimées en volume, satisfont aux relations suivantes :
ratio 1: $0,60 \leq [(a)+(b)+(d)] / (c) \leq 1,00$
ratio 2: $0,42 \leq [(b)+(d)] / (a) \leq 0,76$
ratio 3: $0,10 \leq (b) / (a) \leq 0,28$
 - 25 3. Béton selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que:
 - a) les particules de ciment (a) ont une taille de grain D50 de l'ordre de 15 µm,
 - b) les éléments ultrafins à réaction pouzzolanique (b) ont une taille de particule D75 d'au plus 0,5 µm,
 - c) les éléments granulaires (c) ont une taille de grain D75 d'au plus 400 µm,
 - d) les additions cimentaires (d) ont une taille de grain D50 inférieure ou égale à 10 µm.

4. Béton selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le ciment est un ciment à haute teneur en silice, ledit ciment comprenant au moins 20% en poids de silice combinée par rapport au poids du ciment.

5. Béton selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un superplastifiant, présent dans une proportion de 2 à 10%, et de préférence de 2 à 5% en poids, par rapport au poids de ciment.

10. 6. Béton selon la revendication 5, caractérisé en ce que le superplastifiant est choisi parmi les phosphonates polyoxyéthylénés, les polycarboxylates polyox et leurs mélanges.

15. 7. Béton selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il présente une résistance à la flexion comprise entre 15 et 25 MPa, et de préférence comprise entre 20 et 25 MPa, à 28 jours.

8. Béton selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un élément de renfort anisotrope.

20. 9. Béton selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'élément de renfort est un élément de renfort aciculaire choisi parmi:

25. - les fibres de wollastonite, les fibres de bauxite, les fibres de mullite, les fibres de titanate de potassium, les fibres de carbure de silicium, les fibres de cellulose ou dérivés, les fibres de carbone, les fibres de phosphate de calcium, les fibres de verre (alcali-résistantes) ou les produits dérivés obtenus par broyage desdites fibres et les mélanges desdites fibres,

30. - des fibres courtes (longueur d'au plus 2 mm, de préférence d'au plus 1 mm) d'alcool polyvinyle, de polyacrylonitrile, le polyéthylène haute densité, le polyamide d'aramide ou de polypropylène pouvant être également présents ainsi que des matériaux tels que la laine d'acier.

35. 10. Béton selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'élément de renfort est un élément de renfort sous forme de plaquette, choisi parmi les plaquettes de mica, les plaquettes de

talc, les plaquettes de silicates mixtes (argile), les plaquettes de vermiculite et les plaquettes d'alumine.

11. Béton selon la revendication 9, caractérisé en ce que les éléments aciculaires de renfort sont des fibres de wollastonite.

5 12. Béton selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les éléments ultrafins à réaction pouzzolanique (b) sont constitués par des fumées de silice.

10 13. Béton selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les éléments granulaires (c) sont des sables ou des mélanges de sables, tamisés ou broyés.

15 14. Béton selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que les additions cimentaires (d) sont des cendres volantes et/ou des fillers calcaires, et/ou des laitiers, et/ou des sables siliceux, en particulier de la farine de quartz, ou du calcaire dur.

20 15. Béton selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il subit, après mûrissement, une phase de maturation à une température de 20°C à 90°C, dans une ambiance à humidité relative $\geq 90\%$.

16. Béton selon l'une des revendications précédentes comportant un accélérateur de prise et de durcissement.

25 17. Béton selon la revendication 16, caractérisé en ce que l'accélérateur de prise et de durcissement est à base de chlorure de calcium.

18. Eléments préfabriqués tels que tuiles, plaques ou similaires fabriqués à l'aide d'un béton tel que défini dans l'une des revendications 1 à 17.



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

N° d'enregistrement
nationalétabli sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la rechercheFA 592755
FR 0010770

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 99 58468 A (BOIVIN SANDRA ; BOUYGUES SA (FR); ORANGE GILLES (FR); CHEYREZY MARC) 18 novembre 1999 (1999-11-18) * abrégé * * page 5, ligne 1 - ligne 25 * * page 7, ligne 34 - ligne 35 * * page 12, ligne 4 - ligne 23 * * page 14, ligne 22 - ligne 35 * * tableaux II-VI * * revendications * ---	1-18	C04B28/00 E04C2/06
X	FR 2 771 406 A (BOUYGUES SA) 28 mai 1999 (1999-05-28) * abrégé * * page 13, ligne 12 - ligne 22 * * page 16, ligne 18 - page 18, ligne 20 * * exemples 1-15; tableau I * ---	1-11, 13-18	
X	WO 90 13524 A (AALBORG PORTLAND CEMENT) 15 novembre 1990 (1990-11-15) * abrégé * * exemple 1 * ---	1,2, 12-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.Cl.7) C04B
A	US 6 080 234 A (TARGE JEAN-PIERRE ET AL) 27 juin 2000 (2000-06-27) * abrégé * * colonne 2, ligne 25 - colonne 3, ligne 52 * ---	1-21	
A	FR 2 515 092 A (COMMINGES BETONS) 29 avril 1983 (1983-04-29) * page 2, ligne 20 - page 4, ligne 18 * ---	1-18	
1		Date d'achèvement de la recherche 5 juin 2001	Examinateur Grenette, S
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			